氣候變遷對農作物生產之影響
第3章　全球氣候變遷對全球與臺灣地區農業生產
之影響及因應措施與策略 33-58, 1998

第三章　全球氣候變遷對全球及臺灣地區農業生產之影響及因應措施與策略

宋濟民　陳世雄　葉茂生
國立中興大學農藝系
林瑞松　李文汕　倪正柱
國立中興大學園藝系

摘要……34
壹、前言……34
貳、糧食作物……34
參、特有作物……42
肆、花卉……43
伍、蔬菜……45
陸、果樹……48
柒、結語……50
捌、參考文獻……50
英文摘要……58

第三章　全球氣候變遷對全球及臺灣地區農業生產之影響及因應措施與策略

宋濟民　陳世雄　葉茂生
國立中興大學農藝系
林瑞松　李文汕　倪正柱
國立中興大學園藝系

摘　　要

氣候變遷對農業生產已知會造成相當大的衝擊，唯目前國內與此有關之研究仍十分有限。一般說來，溫度提昇對C_4型之作物有正面的影響。而二氧化碳濃度之增加則有利於對C_3型之作物之生產。對花卉、蔬菜等短期作物而言，氣候變遷對其影響較小。對果樹而言，高二氧化碳濃度、高溫也有利於生長。為了因應未來對糧食的需求，仍有必要推動有關氣候變遷方面的研究。

關鍵詞：氣候變遷、高溫、高二氧化碳、農業生產。

壹、前言

農作物在自然條件下，一般均為露天栽培，因此受氣候變遷的影響最大。一般說來，影響農作物生產的主要因子為溫度、日照、降雨以及二氧化碳濃度。近年來，由於石化工業之持續發展，使大氣中二氧化碳濃度逐年升高，導致氣溫增加。同時也促成二氧化硫、酸雨之危害。由於溫室效應也促使水分蒸發及蒸散之提高，導致雨量增加而形成水害。但另方面，氣溫的提昇也促使部分地區面臨嚴重的旱害。根據我國中央氣象局發布之有關資料，臺灣地區最近五年之降雨機率明顯低於民國60年代至民國85年代之平均值。因此，可以預期氣候變遷必然會對農作物的生產造成相當大的衝擊。

貳、糧食作物

諸多試驗顯示空氣中二氧化碳濃度增加，對一年生作物產量有正面的效果(Kimball, 1983；Strain and Cure, 1985；Cure and Acock, 1986；Allen *et al.,* 1990；Kimball *et al.,* 1990；Lawlor and Mitchell, 1991；Bazzaz and Fajer, 1992；Gifford and Morison, 1993；Koerner , 1993；Rozema *et al.*, 1993；Mooney and Koch, 1994；Rogers *et al.*, 1994)，一年生C_3植物在二氧化碳濃度加倍(700ppm)情況下，包括乾物產量及種子平均可增產約30%(Cure and Acock, 1986；Roger and Dahlmann, 1993)，但種間及生態系間之差距甚大(從-10%至+80%)。C_4型植物及多年生木本植物對高二氧化碳增產之反應，遠遜於C_3型植物。具有固氮能力之作物對二氧化碳供應量增加顯然較其他作物容易獲得好處(Cure *et al.,* 1988)。在高二氧化碳環境下，非構造性碳水化合物增加，而礦

物元素濃度和蛋白質則降低(Mooney and Koch, 1994；Rogers *et al.*, 1994)。增加二氧化碳提高地下部/地上部比值，故對根莖類作物有利，亦有利於土壤有機質之增加(Mauney *et al.*, 1992；Mitchell *et al.*, 1993)。Ziska *et al.*, (1997)指出增加二氧化碳濃度200及300ppm分別顯著提高水稻乾物重31及40%，由於單位面積穗數及稔實率增加使得穀粒產量分別提高15及27%，但在高溫處理下，則增加二氧化碳濃度對穀粒的增產效應不顯著，而且可能影響穀粒品質(例如蛋白質含量降低)。作物水分利用效率亦因二氧化碳濃度增加而提高，主要作物不同品種間之水分利用效率差異極大(Cure and Acock, 1986；Kimball *et al.*, 1993；Sombroek and Gommes, 1993)。

非洲有關氣候變遷對作物生產影響的文獻甚少，主要研究在於降雨量及生長季節長短變化的影響。最近研究指出雖然某些地方由於變暖及變濕而對作物生產有好處，但大部分非洲地區作物受氣候變遷的影響而減產(Ominde and Juma, 1991；Ottichilo *et al.*, 1991；Schulze *et al.*, 1 993；Slvakumer, 1993；Magadza, 1994)。Akong'a *et al.* (1994)及Sivakumar (1993)探討氣候變異(主要是周期性乾旱)對農業的影響，指出乾旱對作物產量及生長季節長度均有顯著不利的影響。在埃及由於氣候變遷導致小麥減產75-18%(表一)，玉米則減產65%至增產6% (Eid, 1994)。辛巴布威則由於氣候變遷而造成玉米減產40-10% (Muchena, 1994)。此外由於溫度增加2-4℃，使得玉米減產17-5%，也由於增加20%降雨量，使得塞內加爾之小米減產70-63% (Downing, 1992)。肯亞也由於歷史性的乾旱，使得玉米嚴重減產(Akong'a *et al.*, 1994)。尼日及西非等國1965-1988由於氣候變遷，使得作物生育日數較1945-1964減少5-20天(Slvakumar, 1993)。

表一、非洲及中東地區作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
埃及	小麥	-75 ~ -18	Eid, 1994
	玉米	-65 ~ +6	
南非	生物量	下降	Schulze *et al.*,
	玉米	增產	1993
辛巴布威	玉米	-40 ~ -10	Machena, 1994
辛巴布威	玉米	-17 ~ -5	Dowing,1992
塞內加爾	小米	-70 ~ -63	
肯亞	玉米	下降	
肯亞	玉米	乾旱導致負面效應	Akong'a *et al.*, 1994
尼日 西非	生長季	減少5-20天	Slvakumar, 1993

溫度單獨的效應通常是降低產量，但是CO_2濃度的增加常顯示正面的效果。Brammer *et al.* (1994)指出，孟加拉由於耕作體系的多樣化，所以氣候變遷對農業的影響在此時並無定論。Parry *et al.* (1992)也指出氣候變遷的影響在泰國、印尼及馬來西亞各國間並不一致。由於溫度的變化(增加2-4℃)、降雨量的增減(±20%)以及二氧化

碳濃度增加的影響，使得巴勒斯坦小麥的產量受到的衝擊在減產61%到增產67%之間(表二)，印度的小麥則在減產50%至增產30%之間，孟加拉的水稻則在減產6%至增產8%之間，泰國的水稻在減產17%至增產6%之間，菲律賓的水稻在減產21%至增產12%之間(Rosenzweig and Iglesias, 1994)。印尼由於氣候變遷，使得水稻減產3%，大豆減產20%，玉米減產40%。斯里蘭卡也因氣候變遷，使得水稻減產6%，大豆受到的影響則在減產3%到增產1%之間。

在中國，氣候變遷使得農業減產10% (Zhang, 1993)到30% (Jin *et al.*, 1994)。Hulme *et al.* (1992)指出在某一程度內，由於暖化造成耕作體系多樣化對增產應屬有利。預測到2050年中國平均溫度將提高1.2℃，蒸發散量的增加將超過降雨量的增加，因而可能導致某些水稻栽培區域由於水分逆境而減產。暖化可能造成農業氣候區北移，但也使得南部或中部六個地方造成夏季乾旱的可能性增加(Lin, 1994)。

表二、南亞及中南亞地區作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
巴基斯坦	小麥	-61 ~ +67	Rosenzweig
印度	小麥	-50 ~ +30	and Iglesias
孟加拉	水稻	-6 ~ +8	(eds.), 1994
泰國	水稻	-17 ~ +6	
菲律賓	水稻	-21 ~ +12	
孟加拉	水稻	+10	
印度	小麥	下降	Qureshi and
印尼	水稻	-3	Hobbie, 1994
	大豆	-20	
	玉米	-40	
印尼	水稻	接近-4	Parry *et al.*,
	大豆	-10 ~增產	1992
馬來西亞	玉米	-65 ~ -25	
	水稻	-22 ~ -12	
	玉米	-20 ~ -10	
泰國	水稻	-5 ~ +8	
印度	水稻	-3 ~ +28	
孟加拉	水稻	-9 ~ +14	Mattews *et al.*,
印尼	水稻	+6 ~ +23	1994a, 1994b
馬來西亞	水稻	+2 ~ +27	
菲律賓	水稻	-14 ~ +14	
泰國	水稻	-12 ~ +9	

日本研究指出大氣中二氧化碳濃度增加對中、北部地區水稻生產有正面效應，在西南部，特別是九洲，在考慮氣候改變的負面效應後，水稻產量可能不增不減(表

三)。Horie (1987)指出在北海道氣候變遷往往對水稻產量造成減產，但若可以找到可以適應的較晚熟品種，將可以獲得增產。Horie (1991)也指出除了西南部外，水稻品種的更新以及栽培管理技術的改進，將可以彌補氣候變遷造成的損失，但西南部由於預測溫度將增加4 -4.5℃，遠超過弍稻品種可以適應的範圍，因而可能造成減產。

澳洲的氣候變遷研究顯示(1)生產線往極區移動，(2)小麥所受衝擊包含品質的改變，(3)淹水及沖蝕的危害增加，(4)增加乾旱的可能，大麥及小麥較燕麥敏感，(5)二氧化碳濃度增加造成許多種作物增產的好處 (Hobbs *et al.,* 1988 ； Pittock, 1989 ； Bl Wang *et al.,* 1992 ； CSIRO, 1993 ； Hennessy and Cayton-Greene, 1995 ； Wang and Gifford, 1995)。

Singh *et al.* (1990)指出對大洋洲的小島國家，由於日照減少(陰天增加)，溫度增加(導致生長期間縮短且增加不稳率)以及水之供應而使作物減產(表四)。Singh *et al.* (1994)指出對大洋洲的小島國家對氣候變遷有其脆弱性，乾旱(降雨減少及旱季延長)將使得作物減產，人口遷移，風蝕及對野生動物的負面衝擊增加。中度乾旱(延續45天以上)將造成玉米減產30-50%，甘蔗減產10 -35%，芋頭35-75%。濕季增加50%降雨量將使芋頭增產5-15%，但因陰天日照不足將使水稻減產10-20%，玉米則將因淹水嚴重減產30-100%。

表三、東亞作物地區產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
中國	小麥	-8	Tao, 1992
	水稻	-6	
	棉花、油料作物、馬鈴薯、玉米	-4 ~ +1	
中國南方	水稻	-11 ~ -7	Zhang, 1993
中國南方	水稻	-78 ~ -6	Jin *et al.,* 1994
	水稻	-37 ~ +15	
日本	水稻	+10	Sugihara, 1991
日本	草類	-10 ~ +10	Suyama, 1988
日本	水稻	-11 ~ +12	Yoshino, 1991
	玉米	-31 ~ +51	
	小麥	-41 ~ +8	
日本	水稻	-45 ~ +30	Horie, 1993
南韓	水稻	-22 ~ +14	Mattews *et al.,*
中國	水稻	-18 ~ -4	1994a, 1994b
台灣	水稻	+2 ~ +28	
日本	水稻	-28 ~ +10	

氣候變遷使得作物生產區北移，對俄羅斯歐洲北部地區農業有利。預計Porolzhye貧草原，北Caucasus及西伯利亞南方，穀類作物將減產20-25%。Slrotenko and Abashina (1994)，Slrotenko *et al.* (1991)指出臭氧增加及土壤有機質的減少將實質降低作物產量，若同時考慮二氧化碳問題，牧草產量將降低1/4，作物產量則將降低10%(表五)。歷史上

前蘇俄氣候變異往往造成作物產量大受影響，以1930年代的乾旱為例，估計減產25-39% (Menzhulin, 1992)。

表四、澳洲及紐西蘭作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
紐西蘭	牧草	整體為增產，但有些地區減產。	Campbell, 1994; Campbell *et al.*, 1995;
紐西蘭	溫帶作物及牧草	增加	Salinger *et al.*, 1990
澳洲	多年生草類	+31(-1, +35)	
	小麥	+23(-6, +35)	
南澳洲	小麥	-6 ~ +13	
澳洲	小麥	-34 ~ +65	Wang *et al.*, 1992
澳洲	甘蔗	+9 ~ +13	

表五、俄羅斯作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
俄羅斯	小麥	-19 ~ +41	
俄羅斯	作物產量	+10 ~ +35	Slrotenko and Abashina, 1994； Slrotenko *et al.*, 1991
	草原	-2 ~ +26	
	作物產量	-14 ~ +13	
	草原	-27 ~ -2	

氣候變遷包括二氧化碳的影響對小麥、大麥及玉米都是負面效應，但對大豆則是正面效應。智利氣候變遷造成小麥及葡萄減產但玉米及馬鈴薯增產(表六)。巴西東北部是最大且對氣候變遷適應度低的地方，有如拉丁美州大部份農業區，此區域在作物生長期為雨季，隨後為旱季。在巴西東北部，雨季相當短，只有3-4個月，也常有無雨季出現之年份，沒有雨季的年份往往造成饑荒以及人口遷移至大都會區，氣候變遷將導致雨季更短，或增加無雨的年份，對此區域的農業生產絕對是負面的效應。

模擬所得結果北歐地區由於暖化使得作物產量增加，但在地中海地區則是實質地減產，北歐之增產也依賴二氧化碳濃度增加，以及降雨量足以應付增加的蒸發散量。地中海地區則是由於高溫及降雨(或增加之降雨不足以應付增加之蒸發散)減少導致的乾旱而減產。在較高溫度下，穀類作物生長季節將會延長，也可能增加無霜期天數。對南歐而言，雖然生長期延長，但可能尚不足利用提早種植來避開夏季之高溫。因此，可能由於穀類充實期不足而導致減產(表七)。有關之研究也提出作物之

氣候限制界限，包括玉米、小麥，花椰菜及葡萄(Carter *et al.,* 1991a, 1991b；Parry *et al.,* 1992；Wolf, 1993a, 1993b)。一般而言，這些研究發現作物生長區北移之趨勢，穀粒玉米可以北至英國以及芬蘭中部栽培。灌溉需求的增加，以及在南歐增加耐缺水的土地的可能性，都有所探討。

表六、拉丁美洲地區作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)
烏拉圭	大麥	-40 ~ -30
	小麥	-30
阿根廷	小麥	-10 ~ -5
烏拉圭		
巴西	小麥	-50 ~ -15
	玉米	-25 ~ -2
	大豆	-10 ~ +40
墨西哥	玉米	-61 ~ -6
智利	小麥	下降
	玉米	增產
	馬鈴薯	增產
阿根	廷玉米	-36 ~ -17

表七、歐洲作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)
北歐	玉米	增產
北歐	小麥	增產
芬蘭	產能	+10 ~ +20
萊茵河地區	穀類	+10 ~ +30
英國	穀類	增產或持平
		增產
英國	小麥	增或減產
法國		
法國	小麥	增產或持平
	玉米	
西班牙	玉米	-30 ~ -8
義大利/希臘	生物量	-5 ~ +36

研究指出氣候變遷在不同地點有不同的衝擊程度，在南部地方衝擊大部份是負面的效應。Rosenzweig (1985)模擬結果指出小麥生產面積將增加，特別是加拿大。美

國主要的小麥產區則維持不變(表八)。Crosson (1989)指出較溫暖的氣候將使得小麥-玉米-大豆生產界限大幅北移，美國生產量下降而加拿大生產量增加。氣候區的遷移將導致玉米或小麥減產，由於新的生產區可能受限於土層淺薄，肥力低下，而使得作物生產力受限制，因而造成作物之多樣化(CAST, 1992)。甚多研究探討氣候變遷對加拿大草原農業的影響(Cohen *et al.*, 1992)，草原位於邊緣氣候，受限於溫度和降雨，使得農耕不易北移(表九)。1989年之乾旱危害可以做為此區域對氣候變遷敏感度之指標。旱災危害包括塵雲及風蝕，穀類減產29%，乾草減產94%，農場收入較1987年減少50-78%(表九)。

郞等(1979)指出不同水稻品種受氣象影響程度不同，台中65號一期作25%產量受孕穗期氣象因素影響，溫度高，日照時數多，晴天日數多則穎花數多而增產，二期作10%產量受成熟期溫度及晴天日數等氣象因素影響，但有25%受制於穗數多寡。台中150號一期作40%產量受制於分蘗期後之地溫，地溫高則高產，二期作5%產量受成熟期氣象因素影響，但有81%產量受分蘗數之影響。

表八、美國作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)	參考文獻
全美	全部作物	增產或減產	Adams *et al.*, 1988, 1990, 1994
美國南方	玉米	減產	Cooter, 1990
Missouri, Iowa,	玉米	-23 ~ -6	Easterling *et al.*,
Nebraska, Kansas	高粱	-20 ~ +26	1993
	玉米	-11 ~ +17	
	大豆	-26 ~ +2	
	苜蓿	-5 ~ +22	
中部及東	玉米	增產或減產	Kaiser *et al.*, 1993,
南各州	小麥		1994
Minnesota,	高粱		
Nebraska	大豆		
Kansas	小麥	變異增大	Mearns *et al.*, 1992a, 1992b
Illinois	穀類	增產或小幅減產	Muchow and Sinclair, 1991
美國東南	大豆	-96 ~ +58	Rosenzweig *et al.*,
大湖區	玉米	-55 ~ +62	1994
	小麥	-100 ~ +180	

其他品種也有類似結果，顯示一期作影響產量的因素，因品種而異，但二期作各品種至少5%產量由成熟期的氣象因素所決定。此時期溫度高，日照多可提高產量，影響產量至鉅。根據陳等(1991)指出二期作分蘗期土壤氧化還原電位至少較一期作低200 mv，所以分蘗少，產量低，可能還是受氣象因素的影響。二期作早期由於高溫，土壤微生物繁殖活動旺盛，使得土壤氧化還原電位大幅降低，因而影響稻根活性降低，

養分吸收受阻，造成分蘗不足而減產。

周及宋(1996)指出模擬pH2.4及3.4之酸雨處理，對台9號水稻劍葉葉綠素含量，滲漏電導度，穀粒千粒重及產量均未有顯著影響。但可能影響收穫後種子儲藏品質及壽命。林及張(1996)指出東北季風越強，對中晚熟品種影響越大，早熟品種由於避開風害，影響較輕微。風害對稔實率影響最大，其次為千粒重。李(1997)指出二期作延後種植，由於抽穗前溫度偏低，全生育日數延長，致使株高、穗數、一穗粒數、稔實率、千粒重及穀粒產量均顯著降低。臺灣中部地區延至九月以後種植者，由於抽穗期低溫，使部份稻穗無法抽出葉鞘，造成低產。陳(1992)指出高濃度二氧化碳並沒有顯著改變葉片葉綠素、蛋白質含量以及其老化型式。雖然降低氣孔及葉肉細胞之二氧化碳傳導度，但二氧化碳處理顯著地提高葉片光合作用能力，所以供應葉片產生較多的碳水化合物，結果造成植株乾物質累積增加，唯增加的部位以莖桿為主，穀粒重並未受顯著影響。

表九、加拿大作物產量受氣候變遷之衝擊

地理區	作物	產量衝擊(%)
Saskatchewan	春小麥	-28 ~ -18
Manitoba, Alberta,	春小麥	-36
SW Saskatchewan	春小麥	-15 ~ +2
Alberta, Manitoba,	小麥、燕麥	小幅降低
Saskatchewan	大麥、亞麻	~ +28
	牧草	
Alberta, Manitoba,	小麥	-40 ~ +234
Saskatchewan		
Ontario		

姚等(1996)指出pH2.5模擬酸雨處理使落花生葉片表皮葉綠素含量及腊質明顯減少，下降幅度與處理次數關係密切，且二氧化碳速度亦隨之降低。但pH3.0以上之酸雨處理則無影響。鄭(1996)指出氣溫對台茶12號及青心烏龍茶葉百芽重影響最大，平均氣溫對茶葉百芽重為正面影響，但最高溫則為負的影響。平均相對濕度對葉面積及萌芽密度為正面效果，最低相對濕度則反之。賴等(1996)指出春作甘藷生育期間月平均氣溫、月累積雨量及輻射量皆高於秋作，有利於地上部生長；秋作則生育期間月平均日夜溫差高於春作甘藷，利於甘藷塊根肥大。楊等(1996)指出累積氣溫、日射量及日照時數較高雨量充足氣象條件下，大豆幼株乾物質累積量較高。大豆籽粒產量受生育期間累積氣溫、累積日射量及累積降雨的正面影響。

朱等(1997)指出若以葉片出現病徵做為耐性指標，則粳稻對臭氧的忍受性(800ppb)高於秈稻(300ppb)，品種間以台中秈19號及台粳9號耐性較強，台農秈20號及越光對臭氧之耐性最弱。蕭等(1993)指出，大豆在二氧化硫800ppb以上濃度，開始出現病徵，在高溫下較低溫敏感。大豆不管是耐性或敏感品種，在高相對溫度下，受二氧化硫之傷害均很嚴重，在低溫度下則幾乎無病徵。水稻品種間對二氧化硫之敏感性差異甚大，敏感

品種在800ppb薰蒸一天即出現病徵，某些耐性品種則在400ppb薰蒸三週仍無明顯徵狀。一般而言，秈稻對二氧化硫的反應較粳稻敏感。溫度越高傷害越大，在遮光86.6%下，傷害顯著降低。耐性品種如台中糯70號在較高風速(2.6m/s)下二氧化硫的傷害較低風速(0.8m/s)下嚴重，在高相對溼度(>70%)下也有相同之反應，即對二氧化硫之傷害較敏感。敏感性品種如高雄秈2號則風速影響不大，相對溼度的影響也不顯著。水稻施用較高量氮肥可以降低被害程度。高二氧化碳濃度(800ppm)情況下，可以降低二氧化硫對水稻、大豆的為害，但玉米對二氧化硫為害之反應則不受二氧化碳濃度增加而有所影響。

參、特用作物

臺灣的特用作物近年來最主要者有茶、菸草、甘蔗、胡麻、樹薯、大甲藺、三角藺、香花作物等，全球氣候變遷將影響氣候、降雨量等，農業生產型態將受其影響，特用作物雖然大都屬於熱帶高溫型作物，溫度與二氧化碳含量提高對作物生長有利，但總體全球氣候變遷仍會逐漸改變生態環境，對其因應調適措施與策略，值得重視。

1980年以前臺灣特用作物種類很多，包括茶、菸草、檳榔、甘蔗、落花生、芝麻、篦麻、向日葵、苧麻、亞麻、黃麻、鐘麻、棉花、大甲藺、三角藺、瓊麻、毒魚藤、薄荷、香水茅、樹薯、葛鬱金與香花作物等，而其中纖維料作物最多，而60年代至70年代為最興盛的時期。至80年代至今所有的纖維作物逐漸式微，除大甲藺、三角藺外，所有韌皮纖維的麻類作物則不再推廣種植。而最重要的有茶、菸草、甘蔗及花生等三種作物。今僅就此三種作物的生產概況說明之。

一、茶

茶為目前本省最重要的特用作物，但近年來栽培面積逐年下降，由1988年25,595公頃至1996年21,223公頃，產量為23,131公噸。其最高種植面積1960年曾高達48,432公頃，最高產量1974年曾高達28,639公噸。茶樹性喜溫暖濕潤，生長最適平均溫度在18~25℃之間，年降雨量1,800~3,000 mm，濕度75~80%有利茶樹生長，且能提高品質，生長期的最適日照為0.5~0.6 cal/min, cm^2。

二、菸草

菸草栽培面積近10年來亦逐年下降，由1987年的9070公頃至1996年只剩4,090公頃，產量由24,005公噸降為11,230公噸。菸草屬夏季作物，最適宜氣溫22~28℃，每月平均雨量，生長期間平均100mm左右，過旱或過濕都會影響菸葉品質及產量，宜充足而不強烈的日照，本田生長期要求日照500小時以上，其中成熟期日照要求280小時以上，日照多寡影響菸草的生長與內容物。

三、甘蔗

甘蔗原為臺灣最重要的經濟作物，至1985年栽培面積均維持在8~11萬公頃之間，1986年驟降為64,573公頃，並逐年下降1996年祇有53,348公頃，產糖量391,544公噸。甘蔗原產熱帶，年平均溫25~27℃，日夜溫差2~5℃為甘蔗生長最適溫度，年雨量1,000~2,000mm，且大部降於生長旺期內為宜。成熟期宜較乾燥且氣溫較低，有利於糖分的累積。

全球氣候變遷中大氣中二氧化碳濃度增加，溫室效應氣體增加，使全球氣溫升高，降雨量與日照減少等對作物的影響最大(Reilly, 1996)而這些因子對糧食作物之影響報告很多(Reilly, 1996)，而對特用作物方面的影響則相當少。據推測至2050年地球平均氣溫上升1.5~4.5℃(林, 1996)，而臺灣推測2050年溫室效應氣體倍增後，各地區逐月平均溫度和1990年代平均值比較約上升1℃。以溫度升高來說，對臺灣特用作物的生產至今完全沒有報告，但特用作物均為熱帶作物不會有多大影響，反而有利。然

而溫度上升造成水分蒸發與蒸散量增加，大氣中的水分增加，雲量會增加，日光的透射量減少，也就是日照不足，這就不利於作物的生產。加之由於溫室效應氣體倍增後，2050年之降雨量約減少50mm，這當然對作物生產來說也是不利的。二氧化碳濃度升高，光合作用增強，對作物的增產是有利的，但可能引起病蟲害。一般C_3型的一年生作物當二氧化碳濃度倍增時(700 ppm)增加約30% (Cure and Acock, 1986, Reilly, 1996)，而對C_4植物的效果則較少(Reilly, 1996)。而台灣特用作物除甘蔗為C_4型外，大部分為C_3型作物，因此CO_2濃度增高，對特用作物生產而言，乃是有利的。但林(1996)指出台灣的生態環境到2000年時，溫度之變化可能很小，只有高冷地可能稍受影響；日照量可能減少，日夜溫差可能變小，因而因CO_2濃度提高的增產效應可能不顯著。

雖然氣候變遷在臺灣特用作物的生產上不會造成太大的影響，但宜早規範因應之道。為了適應全球氣候變遷，首要工作是品種改良，培育新的品種，以適應新的栽培環境。其次是加強栽培管理作業，如開發新的病蟲害防治技術，改良灌溉排水措施，實行永續農業，發展新的栽培施肥方法，提高肥力，重視種源保存，開發新作物。

肆、花　卉

花卉產品包括切花、盆花、種苗、切枝、切葉、乾燥花、觀葉植物。在世界各國推動地球村理念、世界貿易組織開放市場前提下，減少了各國之間的許多貿易障礙，而花卉產品快速轉運到消費地，以使消費者及時觀賞利用，須克服許多產銷問題。目前網際網路的利用及衛星傳訊的高科技發展應用，花卉市場交易已可進行遠距交易工作，使保鮮快速運送為前提的花卉產品能更無遠弗屆。因此發展花卉產業目前的問題就是栽培生產質與量及產銷的問題。面對產業的競爭，降低生產成本的不二法則就是適地適作，儘管大部份的花卉生產均是使用設施設備栽培與園藝資材，但是依生產型態而言，在生產高品質花卉需求下，氣候因子也扮演了相當重要的角色(林,1994)。

一、溫度：

㈠溫度變遷與花卉生產可行性

目前台灣生產重要切花中包括香石竹、玫瑰花、非洲菊、火鶴花等均是在適當溫度下可以周年開花生產的種類。在溫帶地區均是以溫室設施栽培，冬季加溫，夏季降溫(黃，1996)。理想的產地氣候是熱帶的高原地區，周年氣候涼爽，形成世界性的主要地區。盆花中重要的作物包括聖誕紅、東亞蘭、蝴蝶蘭等年節應景花卉，其花芽分化後花的發育與溫度之關係密切。東亞蘭在九月初後如果持續高溫在28℃以上，將造成花芽的夭折，如果太低溫超過10℃以下，則有寒害，在歲末如果加上相對濕度高下，夜間的降霜將產生破壞性危害，造成霜害嚴重，尤其氣候變遷在歲末春初，寒流一波又一波，在花瓣花序造成水浸狀寒害，因此在花芽分化後期東亞蘭受溫度影響相當大(林，1994)。蝴蝶蘭之盆花生產以低溫催花做為產期調節生產，一般都是以溫室內利用水牆抽風及冷氣低溫，在18-20℃下進行處理(李，1987)，在氣候變遷時會增加或降低溫度而影響成本。以在簡易設施栽培之文心蘭，受氣候影響的程度就比較大，一般認為溫度是影響文心蘭花期重要因素之一，生產地區之溫度愈低則開花所需之生育日期愈長。夜溫愈高則花莖伸長發育快速，但小花數較少(林，1998)。綜上所述，台灣之花卉生產，在氣候變遷時須注意花卉作物花芽分化，花芽發育及花器官發育期間之溫度變動。

㈡溫度變遷與花卉品質

在花卉生產上，溫度也是決定花卉品質之重要因素，最重要的是花青素(anthocyan)的形成易受環境因子影響，特別

是溫度與光線，其中溫度而言，冬季冷涼溫度使紅花品種之菊花、玫瑰花色彩鮮艷。但在夏季高溫時呈粉紅色或淡紅色(黃，1996)。一般而言，涼溫時花色濃，高溫時花色淡。由於溫室效應的結果使氣溫升高，使得花青素之形成在發育期間發生障礙，而影響花之著色，特別在臺灣南部之花卉產地。另外在氣候變遷暖和趨勢下，在高溫使菊花產生柳芽，玫瑰花在夏季高溫時開花花朵較小，花瓣數較少品質差。若傾向低氣溫酷寒時容易寒害，部份球根花卉穗狀花序(如唐菖蒲)之小花分化易造成消蕾(黃，1996)。花卉作物之扦插發根、種子發芽、花芽分化、開花結果、結球均有其最適溫度(李，1987)，因此氣候變遷所導致的溫度變化，須藉著溫室管理作業來配合。

二、二氧化碳

花卉生產使用設施栽培時，在酷寒或寒流頻頻來襲時採用密閉方式防寒5～6小時後，造成二氧化碳不足，在冬季時常造成保溫與二氧化碳調整操作之矛盾現象，打開窗戶換氣，但氣溫下降，解決方法是使用二氧化碳產生器補充二氧化碳，也就增加了生產成本(Nelson，1985)，臺灣在生產高冷地花卉使用溫室設施易受氣候變遷影響，寒冬低溫期過長時密閉系統栽培易有此困擾。但是從另外一角度，田間栽培及簡易設施栽培，由於二氧化碳是主要溫室氣體經由燃料燃燒產生，以及土地使用改變及栽培作物種類異動，使二氧化碳濃度逐漸增加，成為溫室效應的氣體使氣溫上升及乾燥(楊，1996)，在此前提下，氣溫上升對花卉花芽分化與發育及花卉品質均有影響。臺灣在開放空間條件下生產花卉。對二氧化碳濃度逐漸增加情況下，傾向對氣溫升高的反應趨勢，如此對高品質的溫帶花卉生產將是一大瓶頸，勢必提高經營成本，企圖去降溫以符合其生育適溫。二氧化碳增加對花卉開放空間的田間栽培或簡易栽培之影響為間接促成溫度升高而影響花卉生產。

三、降雨

降雨對花卉的生產特別是採種及切花生產易引起花瓣積水導致腐爛，雨水滴落打擊更損傷花的外觀，理想的花卉產地是在雨量少，但是須有灌溉設備及水源滿足供給所需。台灣主要花卉產地中南部雨季一般均由三月下旬開始延至七、八、九月之陣雨，九月下旬在進入乾旱季節，所以臺灣花卉產地中南部有雨季、乾旱季節之分，氣候變遷常導致三月下旬開始霪雨不斷，此時盛開的花朵常受損，並在此時，相對濕度高，加上雨季使氣溫降低會導致灰黴病、軟腐病之發作流行。而在北部、東北部等近郊園藝盆花、盆栽等花卉產地，夏季有驟雨，盛夏季節八月約有一個月的乾旱期間，直到東北季節風在九月底帶來細雨。因此在北部、東北部之花壇植物於三月陽春生產望季不因降雨之危害，唯近年氣候變遷在東北部雨季在三月上旬或二月下旬起，在低溫時春雨綿綿對室外盆花生產或遊樂區如杜鵑開放常造成摧殘縮短花期。近年來臺灣地區有降雨頻率下降與雨量不均的變遷，對大氣相對濕度與供水造成不利影響。

四、日照

光線、日照是影響花卉生長與開花的重要環境因子，尤其光周期更是影響由營養生長轉換至生殖生長的關鍵之一，有些花卉種類依其生育習性對光周期之影響相當敏感，有些則主要以受溫度之影響(Boodley，1981)，而光強度與光質的改變會影響花卉的生育包括細胞分裂素Cytokinin及激勃素Gibberellin的含量與活性，導致整體植物荷爾蒙分佈與含量改變而影響花卉生育。氣候變遷導致春季低溫陰雨綿綿，日照光強度減弱常改變花卉的生育，造成徒長或開花數減少，此在北部、東北部花壇植物及盆花常造成品質低下。中南部地區日照量變遷常伴合低溫變動影響花卉品

質，尤其是花青素之發育等對花色的展現有所影響。一般而言，日照量降低之氣候常造成作物之減產(林，1993)，花卉作物也不例外。

五、臺灣之花卉生產基於地域性的微氣象變化與各種花卉的生育習性，攸關於花卉產業的抉擇與成敗。由於基本上是海洋性亞熱帶氣候，但北部、東北部及主要產地之中南部的秋冬氣候差異相當大，加上花卉作物產地分佈於不同海拔地區。因此目前經濟栽培現有的花卉種類涵蓋了熱拜性及溫帶性花卉(黃，1996)，猶有甚者，由於全球氣候的變遷對整個花卉產業之發展，必然會造成成本與品質產量之影響，因應調適措施與策略如下：

(一)選擇適當的品種：由於全球氣候變遷氣溫有溫暖化的傾向，大部份高品質的溫帶花卉如東亞蘭、香石竹等，在花芽分化、花芽發育時遇上高溫常造成花芽夭折、著色不良、品質低下，因此針對氣候變遷的趨勢選擇適當的種類及品種是相當重要的。

(二)改善栽培設施：為了因應氣候變遷，栽培設施之運用宜避免使用燃料能源及冷氣電力，在使用上注意其運用效率。注意發展設施結構設計之研發充分利用自然通風或水霧降溫及其他輔助園藝資材來達到理想的栽培環境。使用燃燒油料及火力電力只有更造成惡質化的氣候變遷。

(三)注意水資源之利用：由於全球氣候變遷造成雨量的不均及乾冷現象的產生，水荒與水災侵襲，未雨綢繆之計，注意水資源之利用如荷蘭花卉業者建造雨水蓄水池充分利用貯存，面對雨量不均趨勢注意貯存、利用與回收灌溉水的科技研究是必要的。

(四)園藝栽培資材之研發與利用：全球氣候變遷造成高溫化或極端酷寒、紫外線危害、土溫的問題，可藉著園藝資材的開發與利用，而得到部份解決，如抗紫外線覆蓋資材，栽培資材容器集約栽培來達到改善。

伍、蔬菜

蔬菜作物一般生長快速，生長期相對較短。短期葉菜類生育期在20-45天左右；結球葉菜、瓜類及其他根、莖、花、果菜類則在45-90天左右；僅少數蔬菜如苦瓜、絲瓜、大蒜、及洋蔥等之生育期較長，蘆筍、竹筍則為多年生作物。由於蔬菜作物大多較鮮嫩脆弱，且對環境因子變化較敏感。因此生育期受到氣候條件之影響十分大(沈，1993；楊等，1994)。

本省地跨熱帶及亞熱帶，屬海島型氣候，因受到大陸氣候及海洋暖流經過之影響，氣溫、濕度及雨量明顯較同緯度之其他地區為高，十分適合蔬菜作物之生長。但因季節性氣候變化大，天然限制因子相當多，每年春夏之交有梅雨，夏季除異常高溫外，又多颱風暴雨，冬季多季節風且偶有寒流，氣候十分多變，造成蔬菜生產上產量及品質不穩定(沈，1993；蔡等19)。以本省蔬菜生產量分布來看，每年5-10月高溫期約佔32%，11月至次年4月之冷涼期則佔68%(許，1997)。固然二期稻作後轉為裡作蔬菜面積增加是造成蔬菜產量較多的主因，但夏季高溫多雨多颱風，蔬菜生產困難，冬、春季溫度冷涼栽培容易卻也是另一個重要因素。溫度是影響植物生長發育最重要的因子。因此蔬菜生育過程中各階段的生理代謝作用如光合作用、呼吸作用、碳水化合物之合成、轉運、養水份之吸收、細胞之增殖生長，進而開花、受精、結果、成熟、老化，以至於最終作物之產量與品質等均受到溫度之影響(黃，1990)。然而每一作物皆有其最適生長溫度範圍(Optimal temperature ranges)，此一溫度會隨生育階段之不同而有所改變。通常溫度如高於或低於此一範圍，即對作物造成生長逆境，會導致生長量減少，生長速率減慢。但此逆境之影響，除非將植株放在極端溫度下

(Temperature extreme)，否則一般因溫度改變所造成之生育影響，其差異並不容易察覺。

蔬菜作物可概分為涼季蔬菜與暖季蔬菜，其最適溫度及最高、最低忍受溫如表一所示(Lorenz and Maynard，1990)。其中除莧菜、甜玉米兩種C4型作物及其他未列入之瓜類蔬菜較適應高溫環境外，其餘大部分蔬菜之最適生長溫度範圍均在15-23.9℃之間。若以本省夏季月均溫而言，每年至少有六個月超過24℃以上，亦即多數蔬菜已生長在高溫逆境環境下。是以，如果因全球性之暖化而致使本省氣溫繼續上升，則本省夏季高溫期將更延長。尤其平均絕對最高溫度將更高，對原本就受到限制的夏季蔬菜生產將更趨困難，且可供選擇栽培利用的蔬菜種類或品種也可能受到環境淘汰而減少(林，1993)。相反的，涼溫季節將會因氣溫上升而縮短，而據推冬季溫度之上升會較夏季明顯(楊，1993；Reilly，1996)，則原本供應市場多樣化的蔬菜產品，如在晚春的延遲栽培及早秋的早生栽培的涼季蔬菜，會因夏季高溫的提早來臨與延遲結束而受到影響。雖然溫度的升高與夏季的延長對喜好高溫的瓜類作物有利，但根據預測未來氣溫上升後，水份蒸發散量增加，大氣中水份含量將由現今的1%更為增高，將使溫室效應加劇，日射量減低；同時嘉南地區的夜溫會明顯上升(林，1993)。這對原本喜歡日夜溫差大、日照充足的瓜果蔬菜的生產類而言，將十分不利。

表十、蔬菜生長之最適、最高、及最低月平均溫度

	蔬　菜　種　類	溫度		
		最適	最高	最低
暖季蔬菜	菜豆、萊豆	15.6-21.1	27.0	10.0
	甜玉米、豇豆、番杏	15.6-23.9	35.0	10.0
	隼人瓜、南瓜	18.3-23.9	32.2	10.0
	胡瓜、甜瓜	18.3-23.9	32.2	15.6
	甜椒、番茄	21.1-23.9	26.7	18.3
	茄子、辣椒、黃秋葵、西瓜	21.1-29.4	35.0	18.3
涼季蔬菜	野苦苣、細香蔥、大蒜、分蔥	12.8-23.9	29.4	7.2
	根菾菜、蠶豆、青花菜、抱子甘藍辣根、羽衣甘藍、球莖甘藍、蘿蔔菠菜、蕪菁	15.6-18.3	23.9	4.4
	朝鮮薊、食用薊、花椰菜、芹菜、結球白菜、苦苣、萵苣、芥菜、芫荽、豌豆、馬鈴薯	15.6-18.3	23.9	7.2

*資料摘自：Lorenz and Maynard, 1980.

二氧化碳是主要溫室氣體，其濃度的增加是造成全球性氣候暖化的主因，記錄顯示1991年全球平均二氧化碳濃度已高達355ppm，是工業革前二氧化碳濃度的兩倍，(楊，1993)。然而二氧化碳是行光合作用的原料，是植物賴以存活、生長的重要物質。許多研究指出，在其他條件不變的環境下，植物光合作用效率與大氣中二氧化碳之濃度成正比(簡，1993)。基於這原理，多種溫室蔬菜如:番茄、甜椒、茄子、胡瓜、洋香瓜、

山東白菜、青江白菜、萵苣、菠菜等之生產，利用二氧化碳施肥技術以提高環境CO_2濃度與光合作用效率，進而加快作物生長速率，提高產量(楊，1993；雷，1993；Acock *et al.,* 1990；Hayman，1988；Tripp *et al.*，1991；Woodward *et al.*，1991)。因此，就植物生理與作物栽培觀點而言，CO_2濃度上升有利於光合作用之進行，可能成為蔬菜作物增產的有利條件。但若因CO_2濃度上升，導致溫度上升，日照強度降低則其增產效果將不明顯(林，1993)。

本省氣象高溫多濕，平均年降雨量在2000公厘以上，其區域降雨特性，除北部冬春季陰濕多雨，西南部則為乾旱外，降雨在全年的分布並不均勻，其中多數降雨集中在每年的六、七、八、九月(廖及陳，1997)。由於本省蔬菜生產大多數靠人工引水灌溉，並不完全仰賴降雨補充土壤水份。故形成每年秋冬季氣候冷涼、乾燥，極適蔬菜之生產，常造成生產過剩；而夏季則因高溫、多雨害，致蔬菜生產因難，而造成供應量少而不穩定，市場價格嚴重波動的現象(許，1997；張簡及張)。據台灣農業年報統計，歷年因降雨或淹水對蔬菜生產所造成之損失，僅次於颱風而列於第二。其造成損失之原因除單位時間降雨量與持續降雨時間外，尚包括降雨時雨滴衝擊所造成之直接性機械傷害(Adlikari and Paje，1992)。因此，在高降雨量之情形下，常造成破壞地上部，根系淹水受損，同時因日照減少使生育減緩，產量降低。花椰菜在每天模擬降雨18mm之環境下，即造成植株生育明顯降低，葉面積及花蕾變小，花蕾品質降低之不利結果(Adlikari and Paje，1992)。就葉菜類而言，一般在播種至苗期降雨之受最為脆弱，生育中期至收穫前則最忌豪雨之衝擊而造成枝葉破損。由於葉菜類極為脆嫩，市場銷售要求新鮮完整，故一般災害損失評估雖未達100%，但其實際市場銷售價值已降為零。降雨的另一為害情形為豪雨後造成田區排水不良，致使作物長時間處於浸水狀態下，根部因缺氧壞死而失去吸收功能，引起地上部萎凋，生長減緩、停頓，甚或死亡(張與黃，1994)。前人研究亦指出從栽培期間降雨量與降雨時間對葉菜生育影響之結果顯示(林，1996)，小白菜產量隨其連續三日降雨量每增加100mm，會使產量減少20%；就其生長速率而言，則連續降雨所造成之影響明顯大於單日降量(翁等，1996)。面對全年各季節之雨害，生產者大多根據作物生育特性與其產品價值分別採取不同覆蓋物、簡易雨棚、或固定設施來加以保護(沈，1993；張簡及張，1995；楊等，1994；簡，1993)。然根據過去90年台灣地區之溫度暖化(吳及辛，1992)及降雨變遷趨勢分析發現本省近年之降雨頻率減少，單次降雨量增加，且全年降雨分布有西南部減少，東北部增加之趨勢。這種變化對蔬菜生產之影響則有待進一步分析研究。

光對蔬菜作物生產之影響可區分為光強度，光質與光週期(日長)三部份。其中日長隨地球緯度之不同而改變，並不受氣候變遷之影響(郭等，1990)。但光強度與光質則受到空氣中水蒸氣，空氣污染物懸浮粒子吸收、折射以及臭氧層破壞等因素之影響。研究指出，陽光到達地表之輻射量會因大氣懸浮粒子之濁度(turbidity)增加而消減，同時可見光中不同波長光線之散射係數也會因空氣污染物之影響而改變(柳，19)。以台灣中部夏天為例，可見光約佔全日射量之46%，空氣中懸浮粒子增加時，可見光區藍光波段之能量上升，而紅光波段之能量則下降，因而改變日射品質，此種光質之改變對小白菜產量會產生影響，若將此現象更擴大至日光透過設施覆蓋物所形成的波長與光強度改變，則會對小白菜產生約10%的減產。(申及張，1993)。再者如氟氯碳化物會破壞臭氧層而使紫外線量增加，雖然紫外線對球莖甘藍之肥大與大白菜之結球有正面之影響(郭等，1990)，但過量紫外線亦會破壞植物細胞及DNA而對

作物造成損害，反而對蔬菜生產不利。

空氣污染乃泛指包括煙霧、氣體、臭味、蒸氣或懸浮粒子等污染物存在於大氣中，對生物的生存形成傷害，或造成生活上之不舒服者稱之(周，1993)。在主要空氣污染中，經證實對植物會產生傷害的有一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物，氟化物、乙烯、氯化物、及次級污染物臭氧與過氧硝酸乙醯只脂(PAN)(林，1993；林及楊，1996；周，1993)。基於植物的特性，蔬菜作物對空氣污染物之為害亦相當敏感。近年來蔬菜園因空氣污染所引起的索賠糾紛增加許多(李，1991)，而田間調查且曾被發現產生空氣污染為害症狀的蔬菜作物也很多，其中包括番茄()；四季豆(周，1993)；芥菜(林，1993)；菠菜、小白菜、青江白菜、空心菜、芥藍、茼蒿、萵苣、芹菜、芫荽、蔥、毛豆、豇豆、洋香瓜、梨瓜、苦瓜(林及楊，1996)；及蓀菜、葉用甘藷(張及詹，1996)等。一般主要污染物的為害濃度相當低，其中臭氧為40-60ppb及PAN為4-6ppb(張及詹，1996；張，1994)；二氧化硫則為800ppb(謝及紀，1996)。但實際田間或戶外調查時發現，高於前述濃度之頻率卻是相當高(張，1996)。空氣污染對蔬菜損害的程度主要與污染物的種類、濃度，與持續接觸的時間有密切關係，至於污染物之輸送與滯留則明顯受到氣象因子如盛行流及降雨的影響(楊，1993)。由於這些污染物主要來自汽機車、工廠等之廢排氣，因此一般以都會區近郊之危害頻率較高且較嚴重(張，1994)。至於酸雨則對作物的直接影響較小，但會間接經由土壤、水流及破壞植物抗性等方面對蔬菜生產造成影響(王等，1996；王及劉，1996)。

表十一. 蔬菜種子發芽與生長之適宜溫度

蔬菜種子發芽之土溫

蔬菜種類	最適	最高	最低	蔬菜種類	最適	最高	最低
玉　米	35.0	40.6	15.6	蕃　茄	29.4	39.5	10.0
黃秋葵	35.0	40.6	15.6	蕪　菁	29.4	40.6	4.4
南　瓜	35.0	37.8	15.6	菜　豆	26.7	35.0	15.6
西　瓜	35.0	40.6	15.6	胡蘿蔔	26.7	35.0	4.4
胡　瓜	35.0	40.6	15.6	花椰菜	26.7	37.8	4.4
萊　豆	29.4	29.4	15.6	蘆　荀	23.9	35.0	10.0
根菾菜	29.4	35.0	4.4	萵　苣	23.9	29.4	1.7
甘　藍	29.4	37.8	4.4	洋　蔥	23.9	35.0	1.7
菾　菜	29.4	39.5	4.4	芫　荽	23.9	32.2	4.4
茄　子	29.4	39.5	15.6	豌　豆	23.9	29.4	4.0
番　椒	29.4	39.5	15.6	芹　菜	21.1	29.4	4.4
蘿　蔔	29.4	39.5	4.4	菠　菜	21.1	29.4	1.7

*資料摘自：Lorenz and Maynard, 1980.

陸、果　樹

氣候變遷對生物圈會造成正面的和負面的影響(呂，1991)。溫度上升對果樹生產的影響有：果樹生產力的增加、果樹水利用率上升、果樹可生長期加長、果樹生長高度界限提高、果樹生長緯度界限向南北

兩極推移、微生物活動增加。但亦會負面的影響，負面的影響有：對生態系統的攪亂、對土壤有機物分解、土壤沖蝕、土壤酸化、鹽化和對沙漠化的加劇、水資源不足加劇、病蟲害之分佈、農業作物種類和品系消滅等。

一、主要的氣候因子包括：日照、溫度、二氧化碳、雨量、空氣污染等。大氣中溫室氣體的增加造成氣溫的上升。

(一)溫度：假使溫室氣體增加，則會使平均氣溫由15℃上升。熱帶地區上升較少。高緯度則上升二倍(IPPCC, 1990)。大氣層溫度上升是氣候變遷的主因。

(二)日照：因溫度上升而造成水之蒸發與蒸散量增加。雲量的增加，造成日光的透射量減少，這對小地區的影響會很大。例如：蘭陽地區陰雨天可能加多，嘉南地區悶熱夜晚可能加劇，這些都不利果樹的生長。

(三)二氧化碳濃度增加：二氧化碳濃度升高，光合作用中的反應基質強度增大，加速反應，因而光合作用加強，醣類產量增加。

(四)雨量：氣溫變化會引起降水區移動的趨勢，東部增加但西南部減少，全年降水則有東部北部增加，西南部減少的趨勢(吳和辛, 1994)。

(五)空氣污染：嚴重的影響果樹之生長與發育、光合作用等，造成減產之現象。

二、全球氣候變遷對及臺灣果樹之影響及因應之道：

(一)氣溫：

1.氣溫對臺灣落葉果樹生產之影響：

溫帶木本植物常因本身的老化及外界短日的影響，導致冬季的休眠。在自然狀態下，植物需要數個星期至數個月的低溫，才能打破芽體休眠。打破休眠所需要的低溫，是由植物個體的遺傳基因來決定。原產於較低緯度的落葉植物，有較低的低溫需求量，原產於中溫帶，冬季低溫呈冷暖不穩定的地區，植物為了確保耐寒性(Cold Hardiness)，常常具有較高的低溫需求量(倪及胡, 1995)。

休眠中的植物如果不能滿足其個體的低溫需求量，植株生長極為緩慢且衰弱。Chandler 等人(1937)，Hill and Campbell (1949)、Black(1952)、Skinner(1964)，歸納冬季低溫不足的病徵，包括花芽延後萌發或死亡、萌芽時間不整齊、果實發發育及成熟不整齊、樹勢老化等情況。Saure (1985)認為冬季低溫不足情況下，花芽要比其他芽體敏感而易受傷害。花原體容易枯死，導致花芽在隨後的不同發育階段凋落，也因而導致減產。

2.因應之道：

(1)育成少低溫需求品種。

(2)以氰胺等葯劑打破休眠。

(3)利用冬季高溫，調節產期。

(4)提高緯度或高度栽種落葉果樹(圖1)。

(二)雨量：

1.雨量對台灣果樹生產之影響：

及灣高海拔2000公尺地區，外來獼猴桃商業品種(*Actinidia deliciosa*)可產生大量的花蕾，但無法著果，主要關鍵在於盛花期常與梅雨季五、六月重疊。Abbott品種常在梅雨前2-3天開花，產量稍可，其他如世界最重要品種Hayward、Bruno及Monty幾乎年年與梅雨季節完全重疊，因此產量極低。尤其是Hayward幾乎無法結果。但是若以人工授粉，則產量顯著增加。軟毛獼猴桃(A. chinensis)則因與台灣野生種 *A. chinensis* Planch. Var. setosa Li花期相同，而比 *A. deliciosa* 早10天至兩週開花，著果率極高，台灣另一野生種A. latifolia則在八月初開花，結果亦無問題(倪,1994)。

2.因應之道：

(1)針對獼猴桃而言，應育種出避免於梅雨季節開花，著果之品種。若以椪柑為例，水分對其品質影響很大，(Hilgemanl. *et al.*, 1970)指出不可使椪柑於八月中遇旱害，否則果實糖度、酸度、Ascorbic acid及果皮

厚度等均會增加，而果型變小。

(2)(Levy *et al.,* 1978)，應避免葡萄柚夏季缺水，則可減少冬季果實酸度增加，酸度增高之效果會維持六個月之久。

㈢二氧化碳：

1. 二氧化碳對臺灣果樹生產之影響：

空氣中二氧化碳含量一般為360ppmV，表面上相當高，但實際上並不足供應植物光合作用旺盛進行時之需，例如：二氧化碳濃度高時，可將視其為二氧化碳施肥。在日照充足地區配合良好之肥培和植保管理，而將二氧化碳濃度提高至1000-2000 ppmV，則可增進作物生長，在臺灣之作物上有成功之例子。

2.因應之道：

事先著手於培育新品種使其適應新之栽培環境。

㈣日照：

1.日照對臺灣果樹之生產影響：

果樹利用光合作用將空氣中的二氧化碳固定，以增加其乾物質的蓄積。依波長可分為紫外光、可見光和近紅外光，其中僅有可見光提供了果樹光合作用時所需的能量。

與果樹光合作用量有密切關係的可見光子通量密度，會因所處地區大氣中水氣的含量，大氣中懸浮微粒的含量，或設施之被覆作物而改變。因而日照品質對果樹生產影響的程度是極為重要的。

2.因應之道：

(1)溫室所使用之被覆材料會選擇性的減少可見光的進入，使得 穿透日射中可見光與近紅外光的比值低於入射日射中的比值，故應避免不良之被覆材料。

(1)選擇良好之生長環境，可增加可見光之射入，提高光合作用 增進果樹生產。

㈤其他-空氣污染：

1.空氣污染對台灣果樹之影響：

空氣污染物主要有氣體及固體兩大部分，粒狀物質之空氣污染有許多種類，如燻煙、黑煙、塵粒、飛沫、飛灰等(張, 1991)。固體污染物之來源不同，其成份亦有很大差異對果樹造成之影響亦不同，如工業地區製造水泥之工廠，有大量水泥飄浮在工廠四週，造成人體及果樹很大之傷害。其對果樹造成之直接影響，嚴重影響其生長及發育，干擾葉面光線之吸收，影響光合作用，減少澱粉之形成，影響蒸散作用，其亦會落在土壤中，而使土壤pH值更趨向鹼性，而影響果樹之生長(朱,1990)。污染物會影響果樹之光合作用，因遮住了氣孔，遮蔽了陽光之故。果樹不同，污染物影響光合作用速率之結果是一致的，但亦會因種類不同，反應之程度不一(范, 1993)。

2.因應之道：

(1)避免果樹栽種於近工廠處。

(2)避免果樹栽種於鹼性土。

(3)避免果樹栽種於近公路旁。

柒、結　語

如前所述，氣候變遷對農業生產的確會造成相當大的衝擊，而人口的逐年增加，也同時提昇了吾人對農產品的需求。因此，雖然氣候變遷僅僅是影響農業生產的一項因素，吾人仍必須即時調整未來研究方向，一方面能更準確的預估氣候的可能變遷幅度，同時也必須提共充分的研究資料以為可能的因應措施。這些研究至少應涵蓋栽培時期、作物類別及品種、灌溉技術等層面，另方面，社會及經濟層面的相關研究，也應一併考慮，方能真正建立一完整有效的生產對策。而這些建立起來的生產對策，在透過研究的過程建立後，也需要透過推廣教育系統，使其落實到農民，才能真正解決未來吾人所必須面對的衝擊。

捌、參考文獻

王銀波 劉黔蘭 宋昌勳. 1996. 酸雨對農耕土壤的影響. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論

文專輯. p. 135-142，台灣省農業試驗所編印。
王銀波 劉黔蘭. 1996. 酸雨對農耕土壤的影響 中華農業氣象. 3 (3) :125-130。
台灣省農業試驗所特刊第16第45-57。
申雍 余淑玲. 1997. 台灣地區溫室降溫方式的評估. 中華農業氣象. 4(1):11-17。
申雍 張朝芬. 1993. 日射品質對小白菜生產影響之分析. 大氣品質與農業經營之關係研討會論文集. p.153-161., 國立台灣大學。
朱鈞 盧虎生 揚政國. 1997. 臭氧與氣候變遷之關係影響及其對水稻生產之影響. p. 225-167。
朱德民. 1990植物與環境逆境 國立編譯館.
吳明進. 1992. 台灣的氣候變化-氣溫和降水. 大氣科學. 20:295-318。
呂昌華. 1991. 溫室效應問題(續)世界環境 31 (11-14)：32.
李哖. 1987. 溫室之栽培管理技術 設施園藝研討會專集 台灣省農業試驗所編印 p. 143-152.
李建擇. 1997. 氣象因子對二期作延後種植水稻產量潛能及穀粒形狀之影響. 中華農業氣象。4(4)：207-219。
李國欽. 1991. 農業環境污染及其因應對策. 農業環境與水土資源保育利用. 中華民國農業團體80年聯合會。
沈再發. 1993. 設施園藝. 台灣蔬菜產業演進四十年專集. p.43-64, 台灣省農業試驗所編印。
周昌弘. 1993. 空氣污染對永續性農業之影響. 台灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯. p.9-22, 台灣省農業試驗所編印。
周煒裕 宋濟民. 1996. 硫酸模擬之酸雨對水稻劍葉及穀粒之影響. p. 143-154。台灣省農業試驗所(編印)。農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯。
林文助. 1996. 降雨量對小白菜產損失率探討. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p. 203-207, 台灣省農業試驗所編印。
林正忠 楊淑惠. 1996. 大氣品質對南部地區園藝作物生產之影響. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p. 97-110, 台灣省農業試驗所編印。
林正忠 楊淑惠. 1996. 台灣南部地區空氣品質之週年變化及其對園藝作物之影響. 中華農業氣象. 3(4):183-196。
林正忠. 1993. 臺灣南部地區空氣污染類型及農作物污染防治. 臺灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會. p.23-31. 台灣省農業試驗所編印。
林孟輝 張學琨. 1996. 北部沿海地區季節風對水稻產量及品質之影響. p. 297- 312. 台灣省農業試驗所(編)。農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文 專輯。
林瑞松. 1998. 文心蘭高屏地區重要花卉專輯 高雄區農業改良場編印中。
林瑞松 主編 1994. 亞熱帶地區花卉設施栽培技術 台灣省農業試驗所特刊 47號. 300pp.
林鴻淇. 1993. 台灣農業生產對氣候變遷因應之道. 氣候變遷與農業生產. p.57-63 國立台灣大學農業化學系。
侯清利 黃天成. 1984. 一、二期稻作土壤環境、根部活力與產量之分析比較。
姚銘輝 溱匡時 蔡金川. 1996. 模擬酸雨對落花生生理反應之影響. p. 155-167. 台灣省農業試驗所(編印)。農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯。
柳中明. 1997. 懸浮微粒對太陽輻射場的影響之觀測與分析:寬頻大氣混濁度之反演 p.268-298. 台灣地區大氣環境變遷之研究. 國立台灣大學農業化學系。
范基南. 1993. 空氣落塵對作物生長之影響 II.空氣落塵對作物發芽及光合作用速

率之影響. 大氣品質與農業經營之關係研討論文集. p.93-109.

倪正柱. 1994. 梅雨對種植於台灣高山之獼猴桃開花著果之影響 中國園藝40(4)：282-286.

倪正柱 胡澤寬. 1995. 梨低溫需求量之比較及其對產量的影響 農林學報44(1)：19-27.

孫岩章 詹婷婷. 1996. 台灣地區光化學煙霧污染及其影響. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p. 33-40, 台灣省農業試驗所編印。

孫岩章. 1994. 台灣北部地區O_3對頁用甘藷及菠菜之影響. 中研院植物學彙刊. 35 (3):165-170.

翁仁憲 漆匡時 許苑培 戴振洋 郭孚燿 林文助 楊文振 陳任芳. 1996. 氣候因子對不同地區小白菜生育之影響. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p.277-285. 台灣省農業試驗所編印。

張志因 黃鵬. 1994. 浸水逆境對小黃瓜及甘藍生長及產量之影響. 花蓮區農業改良場研究彙報第十輯。

張能復. 1991. 污染源介紹及污染物擴散-空氣污染取自"公害鑑定研習講義，行政院環境保護署" p.66-127.

張能復. 1996. 都市區臭氧污染潛勢分析及防治之研究. 環保署委託計畫報告

張簡秀容 張粲如. 1995. 台灣短期葉菜類產業之概況及展望. p.153-166. 台灣蔬菜產業改進研究研討會專輯. 台中區農業改良場編印。

許漢卿. 1997. 台灣地區蔬菜產銷失衡與對策. 蔬菜生產預測研討會 國立中興大學。

郭忠吉 陳美惠 陳秀珠. 1990. 精緻蔬菜生產與光之管理. 精緻蔬菜生產進研討會專集. p.81-89. 桃園區農業改良場編印。

陳世雄 楊策群 朱德民 張英勝. 1991.乾犁田改進二期作的土壤通氣。中華農藝學會. 155：30-39。

陳宗禮. 1992. 高二氧化碳對水稻生育與穀粒充實之影響. 國立中興大學博士論文。

黃敏展. 1996. 台灣花卉產業在世界花卉產業上的特徵和位置. 第30回 科技技術研討會，主題：生物技術與花卉產業發展研討會專輯. 日本交流協會主編 p. 13- 20.

黃涵 洪立. 1988. 台灣蔬菜彩色圖鑑. 國立台灣大學編印。

黃涵. 1990. 精緻蔬菜生產之溫度及其管理. 精緻蔬菜生產進研討會專集. p.65-80. 桃園區農業改良場編印。

楊之遠. 1993. 氣象因素對污染物傳送及農作物集團之影響. 台灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會專輯. p. 1-8, 台灣省農業試驗所。

楊盛行. 1996. 氣候變遷與農業生產. 氣候變遷與農業生產論文專輯. p.65~83. 台北。

楊紹榮 鄭景容 余何. 1994. 簡易覆蓋資材在夏季葉菜類防雨栽培之評估. 設施園藝之研究與技術開發計畫執行成果報告 p. 266-268.

鄔宏潘. 1978. 氣象因素及地區對一、二期作稻產量之影響. p.7-8, p.39-47. 謝順景、劉大江(編). 台灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集。

廖志翔 陳雲蘭. 1997. 民國86年6月2日～16日台灣梅雨期間之綜觀特徵及豪雨個案分析. 中華農業氣象. 4(4):171-191。

蔡金川 漆匡時 姚銘輝 劉慧瑛 梁連勝 劉復誠 李炳和. 1996. 不同設施栽培對葉菜類蔬菜之影響. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p. 209-224. 台灣省農業試驗所編印。

鄭混元. 1996. 東南部茶區氣象條件對茶樹芽葉生育之影響. p. 225-242。台灣省農業試驗所(編). 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯。

蕭榮福 謝式坪鈺 呂明長 高碩廷 蕭淑芬. 1993. 農作物對二氧化硫之忍受性。p. 153-182. 台灣省農業試驗所(編)。台灣地區空氣污染與農業氣象對作物生產影響研討會。

賴永昌 李炳和 劉復誠. 1996. 氣象因子對甘藷塊根產量的影響. p. 251-260. 台灣省農業試驗所(編). 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯。

謝式坪鈺 紀廷勳. 1996. 二氧化硫對蔬菜作物之傷害及和黑斑病發生之交互作用. 農業氣象、空氣污染與酸雨對農業生產影響及因應措施研討會論文專輯. p. 53-72, 台灣省農業試驗所編印。

簡道南. 1993. 二氧化碳施肥增進作物生長. 大氣品質與農業經營之關係研討會論文集. p.151, 國立台灣大學。

Akong'a, J., T. E. Downing, N. T. Konijn. D. N. Mungai. H. R. Muturi and H. L. Potter. 1988. The effects of climatic variations on agriculture in Central and Eastern Kenya. Vol. 2. p. 123-270. *In:* Parry. M. L., T. R. Carter. and N. T. Konijn (eds.) The impact of Climatic Variations on Agriculture. Assessments in Semi-Arid Regions. Kluwer Academic Press. Dordrecht. Netheriands.

Acock, B., M. C. Acock and K. Pasternak. 1990. Interactions of CO_2 enrichment and temperature on carbohydrate production and accumulation in muskmelon leaves. 115(4):525-529.

Adhikari, R.R. and M.M. Paje. 1992. Adaptational response of cauliflower cultivars to rain-simulated excess water. *In* : Kuo, C.G. (ed.) Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Taiwan.

Allen, S. G., S. B. Idso. B. A. Kimball. J. T. Baker. H. L. Allen. J. R. Mauney. J. W. Radin and M. G. Anderson. 1990. Effect of Air Temperature and Atmospheric CO_2 Plant Growth Relationships. Report TR 048. U. S. Department of Energy/ U.S. Department of Agriculture. Washington. DC. 60pp.

Bazzaz, F. A. and E. D. Fajer. 1992. Plant life in a CO_2-rich world. Scientific American. 26(1). 68-74.

Black, N. W. 1952. The problem of prolonged rest in deciduous fruit trees. p. 1122-1131. *In*： Proc. 13th Intern. Hort. Congr. Vol. 2, London.

Brammer, H., M. Asaduzzaman and P. Sultana. 1994. Effects of Climate and Sec-Leret Changes on the Natural Resources of Bangladesh. Briefing Document No. 3. Bangladesh Unnayan Parishad (BUP). Dhaka. Bangladesh. 35 pp.

Carter, T. R., M. L. Parry and J. R. Porter. 1991a. Climate change and future agroclimatic potential. European Interna - tional Journal of Climatology. 11. 251-269.

Carter, T. R., J. R. Porter and M. L. Parry. 1991b. Climatic warming and crop potential in Europe ： prospects and uncertainties. Global Environmental Change. I. 291-312.

Cast. 1992. Preparing U. S. Agriculture for Global Climate Change. Task Force Report No. 119. Council for Agriculture Science and Technology. Ames. IA. 96 pp.

Chandler, W. J., N. H. Kimal, G. L. Philip, Jufts and G. P. Weldon. 1937. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plants in California. Bull. Cal. Agr. Exp. Stn. p.611.

Cohen, S., E. Wheaton and J. Masterton.

1992. Impacts of Climatic Change Scenarios in the Prairie Provinces：A Case Study from Canada. SRC Publication No. E-2900-4-D-92. Saskatchewan Research Council. Saskatoon, Canada, 157 pp.

CSIRO. 1993. Agriculture & Greenhouse in South-Eastern Australia. CSIRO. Department of Conservation and Natural Resources, and Department of Agriculture. Melbourne. Australia. 5 pp.

Cure, J. D. and B. Acock. 1986. Crop responses to carbon dioxide doubling. a literature survey. Agric & Forest Meterol. 38:127~145.

Cure, J. D., D. W. Israel and T. W. Rufty. 1988. Nitrogen stress effects on growth and seed yield on nodulated soybean exposed to elevated carbon dioxide. Crop Science. 28. 671-677.

Gent, M. P. N. 1988. Effect of diurnal temperature variation on early yield and fruit size of greenhouse tomato. Appl. Agric. Res. 3(5):257-263.

Gifford, R. M. and J. I. L Morison. 1993. Crop responses to the global increase in atmospheric carbon dioxide concentration. p. 325-331. *In* : International Crop Science. vol. I. Crop Science Society of American. Madison. WI.

Hayman, G. 1988. Tomatoes — a review of current research and development on glasshouse environment and fruit quality in the UK. Appl. Agric.Res. 3(5):269-274.

Hennessy, K. J. and K. Clayton-Greene. 1995. Greenhouse warming and vernalisation of high-chill fruit in southern Australia. Climatic Change, 30(3). 327-348.

Hilgeman, R. H. and F. O. Sharp. 1970. Response of 〝Valencia〞 orange trees to four soil water schedules during 20 years. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95：739-745.

Hill, A. G. G. and G. K. G. Campbell. 1949. Prolonged dormancy of deciduous fruit trees. Empire. J. Expt. Agr. 17：259-264.

Hobbs, J., J. R. Anderson. J. L. Dillon and H. Harris. 1988. The effects of climatic variations on agriculture in the Australian wheat belt. *In*：The Impact of Climatic Variations on Agriculture. Vol. 2. Assessments in Semi-Arid Regions Parry. M. L., T. R. Carter. and N. T. Konijn (eds.) Kluwer Academic Press. Dordrecht. Netherlands. pp. 665-753.

Horie, T. 1987. The effects of climatic variation and elevated CO_2 on rice yield in Hokkaido. Vol. 1. p. 809-825. *In* : Parry. M. L., T. R. Carter. and N.T. Konijn (eds.) The Impacts of Climatic Variation on Agriculture. Cool Temperate and Cold Regions Kluwer Academic Press, Dordrecht, Netherlands,

Horie, T. 1991. Growth and yield of rice and climate change. Agric. Horti., 66. 109-116.

Hulme, M., T. Wigley, T. Jiang, Z. Zhao, F. Wang. Y. Ding, R. Leemans and A. Markham. 1992. Climate Change Due to the Greenhouse Effect and Its Implications for China. CRU/WWF/SMA. World Wide Fund for Nature. Gland. Switzerland.

Jin, Z., H. C. Daokou Ge and J. Fang. 1994. Effects of climate change on rice production and strategies for adaptation in southern China. p. 1-24. *In:* Rosenzwig, C. and A. Iglesias (eds.) Implications of Climate Change for International Agriculture：Crop Modeling Study U. S. Environmental Protection Agency,

China chapter, Washington, DC.

Kimball, B. A. 1983. Carbon dioxide and agriculture yield ︰ an assemblage and analysis of 430 prior observations. Agronomy Journal. 75. 779-788.

Kimball, B. A., J. R. Mauney. F. S. Nakayama and S. B. Idso. 1993. Effects of elevated CO_2 and climate variables on plants. Journal of Soil and WaterConservation. 48. 9-14.

Kimball, B. A., N. J. Rosenberg and L. H. Allen. Jr. 1990. Impact of Carbon Dioxide. Trace Gases. and Climate Change on Agriculture. ASA Special Publication No. 53. American Society of Agronomy. Crop Science Society of American. and Soil Science Society of American Madison. WI. 133 pp.

Koerner, C. 1993. CO_2 fertilization ︰ the great uncertainty in future vegetation development. p.53-700. *In* : Solomon. A. M. and H. H. Shugart (eds.) Vegetation Dynamics and Global Change Chapman and Hall. New York. NY.

Lawlor, D. W. and A. C. Mitchell. 1991. The effects of increasing CO_2 on crop photosynthesis and productivity ︰ a review of field studies. Plant. Cell and Environment. 16. 603-608.

Lev, Y., A. Bar-Akira and Y. Vaadia 1978. Influence of irrigation and Environmental factors on grapefruit acidity. J Amer. Soc. Hort. Sci. 103(1) ︰ 73-76.

Lin, E. 1994. The sensitivity and vulnerability of China's agricultural to global warming. Rural Eco-Environmental, 10 (1), 1-5.

Lorenz, O.A. and D.N. Maynard. 1980. Knott's handbook for vegetable growers. Wiley-Interscience. p.48-51.

Magadza, C. H. D. 1994. Climate change ︰ some likely multiple impacts in southern Africa. Food Policy. 19(2). 165-191.

Mendelsohn, R., W. D. Nordhaus and D. Shaw. 1994. The impact of global warming on agriculture ︰ a ricardian anaysis. American Economic Review, 84 (4). 753-771.

Menzhulin, G. V. 1992. The impact of expected climate changes on crop yield ︰ estimates for Europe. the USSR. and North American based on paleoanalogue secnarios. *In* : Global Climate Change ︰ Agriculture. Forestry and Natural Resources. Reilly, J. M. and M. Anderson (eds.) Westview Press. Boulder, Co. p. 353-381.

Mitchell, R. A. C., V. J. Mitchell. S. P. Driscoll. J. Franklin and D. W. Lawlor. 1993. Effects of increased CO_2 concentration and temperation on growth and yield of winter wheat at two levels of nitrogen application. Plant Cell and Environment. 521-529.

Mooney, H. A. and W. Koch. 1994. The impact of rising CO_2 concentrations on the terrestrial biosphere. Ambio. 23 (1). 74-76.

Muchena, P. 1994. Implications of climate change for maize yield in zimbabwe. p. 1-9. *In* : Rosenzweig, C. and A. Iglesias (eds.) Implications of Climate Change for International Agriculture ︰ Crop Modeling Study U. S. Environment Protection Agency, Zi mbabwe chapter, Washington, DC.

Nelson, P.V. 1985. Greenhouse Operation and Management. Reston Publishing Company, Inc. Reston, Virginia USA. 598 pp.

Ominde, S. H. and C. Juma. 1991. A Change in the Weather ︰ Africa Perspectives on

Climatic Change. ACTS Press. Nairobi, Kenya.

Ottichilo, W. K., J. H. Kinuthia. P. O Ratego and G. Nasubo. 1991. Weathering the Storm : Climate Change and Investment in Kenya. ACTS Press. Nairobi, Kenya, DC, 52 pp.

Parry, M. L., M. Blantran de Rozari, A. L. Chong and S. Panich. 1992. The Potential Socio-Economic Effects of Climate Change in South-East Asia. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya.

Pittock, A. B. 1989. The greenhouse effect, regional climate change and Australian agriculture. *In* : Proceedings of the Fifth Agronomy Conference, Australian Society of Agronomy, Parkville, Australian, pp. 289-303.

Reilly, J. 1996. Agriculture in a changing climate impacts and adaptation. p.427-467. *In*: Watson R. T. , M. C. Zinyowera, R.H. Moss and D. J. Dokken(eds.) Climate Changes 1995: Impacts, adaptations and mitigation of climate change scientific-technica l analyses. Cambridge Univ. Press. pp427-467.

Rogers, H. H., G. B. Runion and S. V. Krupa. 1994. Plant responses to atmospheric CO_2 enrichment with emphasis on roots and the rizosphere. Environment Pollution. 83. 155-189.

Rosenzweig, C. and A. Iglesias. 1994. Implications of Climate Change for International Agriculture : Crop Modeling Study. EPA 230-B-94-003. U. S. Environment Protection Agency, Washington, DC, 321pp.

Schulze, R. E., G. A. Kiker and R. P. Kunz. 1993. Global climate change and agricultural productivity in southern Africa. Global Environmental Change, 4(1), 329 - 349.

Singh, U., D. C. Godwin and R. J. Morrison. 1990. Modelling the impact of climate change on agricultural production in the south Pacific. p. 24-40. *In* : Hughes, P. J. and G. McGregor (eds.) Global Warming -Related Effects of Agriculture and Human Healt h and Comfort in the South PacificSouth Pacific Regional Environment Programme and the United Nations Environment Programme. University of Papua New Guinea, Port Moresby, Papua New Guinea.

Skinner, E. J. 1964. Delayed foliation. Decid Fruit Growth. 14 : 195-197.

Slrotenko, O. D. 1991. Nmntiaiinohhar enetema kanmat-ypokak. Meterologia and gidrologia. 4.67-73(in Russian).

Slrotenko, O. D. and E. V. Abashina. 1994. Impact of global warming on the agroclimatic resources and agriculture productivity of Russia(result of the simulation). Meteorology and Hydrology. 4.

Slvakumar, M. V. K. 1993. Global climate change and crop production in the Sundano-Sahelian zone of west Africea. *In* : International Crop Science. vol. I. Crop Science Society of America, Madison. WI.

Sombroek, W. and R. Gommes. 1993. The climate change-agriculture conundrum. Paper presented at the Expert Consultation on Global Climate Change and Agricultural Production : Direct and Indirect Effects of Changing Hydro- logical. Soil and Plant Physiolog ical Processes. FAO. 7-10. December 1993, 300pp.

Strain, B. R. and J. D. Cure. 1985. Direct Effects of Increasing Carbon Dioxide on

Vegetation. DOE/ER-0238. Carbon Dioxide Research Division. U. S. Department of Energy. Washington. DC. 286pp.

Tripp, K. E., M.M. Peet, D. M. Pharr, D. H. Willits and P. V. Nelson. 1991. CO_2-enhanced yield and foliar deformation among tomato genotypes in elevated CO_2 environments. Plant Physiol. 96(3): 713-719.

Wang, Y. P. and R. M. Gifford. 1995. A model of wheat grain growth and its application to different temperature and carbon dioxide levels. Australian Journal of Plant Physiology(in press).

Wang, Y. P., Jr. Handoko and G. M. Rimmington. 1992. Sensitivity of wheat growth to increased air temperature for different scenarios of ambient CO_2 concentration and rainfall in Victoria, Australia---a simulation study. Climatic Research 2: 131-149.

Wolf, J. 1993a. Effects of climate change on wheat and maize production in the EC. p. 93-119. *In*: Kenny, G. J., P. A. Harrison. and M. L. parry (eds.) The Effect of Climate Change on Agricultural and Horticuitural Potential in Europe Environmental Cha nge Unit. University of Oxford. Oxford. UK.

Wolf, J. 1993b. Effects of climate change on wheat production potential in the European Community. European Journal of Agronomy 2: 281-292.

Woodward F. I., G. B. Thompson and I. F. Mckee. 1991. The effects of elevated concentrations of carbon dioxide on individual plants, populations, communities and ecosystems. Ann-Bot. 67(1):23-38

Zhang, H. 1993. The impact of greenhouse effect on double rice in China. In: Climate Change and Its Impact. Meteorology Press. Beijing. China.pp. 131-138.

Ziska, L. H., O. Namuco, T. Moya and J. Quilang. 1997. Growth and yield response of field-grown tropical rice to increasing carbon dioxide and air temperature. Agron. J. (89):45-53.

Chapter 3 The Impact and The Adaptive Strategies of Global Climate Change on Agricultural Production

Jih Min Sung, Shih Shiung Chen and Man Shing Yeh,
Department of Agronomy, Natl. Chung Hsing University
Rney Song Lin, Wen Shan Lee and Cheng Chu Nee
Department of Horticulture, National. Chung Hsing University

Abstract

Agricultural production is known to be affected by climate change. However only limited studies are conducted in Taiwan. In general, higher temperature has positive impact on C_4 crop species. Elevated CO_2 may also be beneficiary to C_3 crop species. Shorter-season flowers and vegetable crops are some what climate change-independent. Tropical fruit trees seem to be more responsive to elevated temperature and CO_2. However, for meeting the demand in food need in the future researches related to climate change are needed.

Key word：Climate change，Higher temperature，Elevated CO_2, Agricultural productivity.